

格納容器内に注入する窒素の温度条件について

1. 窒素の温度による事象進展への影響

東海第二発電所では、格納容器内における水素燃焼を防止するため、格納容器内酸素濃度が4.0vol%（ドライ条件）に到達すれば格納容器内に窒素を注入することとしている。

有効性評価の解析においては、注入する窒素の流量以外に、注入する窒素の温度を設定する必要がある、この窒素の温度によって事象進展には次のような影響がある。

- ・ 格納容器雰囲気温度

注入する窒素の温度が高い方が、格納容器雰囲気温度が高くなる。

- ・ 格納容器圧力

窒素注入時は、310kPa[gage]（200m³/hでの窒素注入時）又は465kPa[gage]（400m³/hでの窒素注入時）到達により窒素注入を停止することから、窒素の温度による格納容器圧力への影響はない。

- ・ 格納容器内酸素濃度

密度が大きくなる窒素の温度が低い条件の場合、時間当たり注入する窒素の質量が大きく、窒素注入開始から格納容器圧力310kPa[gage]又は465kPa[gage]到達までの時間が短くなる。また、代替循環冷却系の起動後は格納容器圧力が低下傾向になるため、窒素注入開始から格納容器圧力310kPa[gage]又は465kPa[gage]到達までに要する時間が短い場合、注入する窒素の総質量が小さくなる。したがって、窒素の温度の低い方が、窒素注入停止時点での格納容器内酸素濃度（ドライ条件及びウェット条件）は高くなる。

以上より、窒素の温度の低い方が格納容器内酸素濃度4.3vol%（ドライ条件）到達までの時間が早くなり、事故発生後の格納容器ベントまでの時間が短くなる。

なお、注入する窒素の温度は格納容器雰囲気温度よりも低いため、窒素の温度の低い方が、格納容器内の蒸気をより凝縮することとなり、格納容器内酸素濃度（ウェット条件）は高くなる。

したがって、格納容器雰囲気温度と格納容器内酸素濃度に対しては、その挙動が厳しくなる窒素の温度の条件が異なる。

2. 有効性評価における窒素の温度について

水戸地方気象台での観測記録によれば、最高気温は38.4℃、最低気温は-12.7℃であること、空気が可搬型窒素供給装置内の空気圧縮機を通過することにより温度が最大15℃上昇する可能性があることから、有効性評価における窒素の温度を以下のとおりとする。

・有効性評価

最大の窒素の温度として、最高気温（38.4℃）及び可搬型窒素供給装置内の空気圧縮機通過時の温度上昇（15℃）を考慮する。最低の窒素の温度として最低気温（-12.7℃）を考慮し、以下のとおり平均的な温度条件として30℃^{※1}とする。

$$(38.4 + 15 + 12.7) / 2 = 33.05 \approx 30^{\circ}\text{C}$$

※1 条件としては、比熱（比熱を基に注入する窒素のエネルギーを算出し、格納容器内のエネルギー増分を解析）及び密度（密度と注入量を基に注入する窒素の質量を算出し、格納容器圧力の増分を解析）を設定する必要があるが、比熱は30℃の条件とする。一方で、密度については、格納容器酸素濃度（ドライ条件及びウェット条件）を高め評価する観点から、保守的に0℃の条件とする。

・ 窒素の温度の感度解析

窒素の温度により影響がある評価項目は格納容器雰囲気温度であり，格納容器雰囲気温度を厳しく評価する観点で最大の窒素の温度条件として55℃とする。

$$38.4 + 15 = 53.4 \approx 55^{\circ}\text{C}$$

※2 比熱は55℃の条件としており，格納容器雰囲気温度に影響しない密度についても55℃の条件とする。

なお，窒素の温度を低くする場合，格納容器ベントまでの時間が短くなり放射性物質の放出量が多くなることが考えられるが，窒素注入開始時間は事故後約19時間よりも遅く，Cs-137放出量評価及び中央制御室の居住性評価の対象である格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」における代替循環冷却系を使用できない場合（事故後約19時間で格納容器ベントを実施）よりも格納容器ベントまでの時間は長くなる。Cs-137放出量評価及び中央制御室の居住性評価においては，格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」における代替循環冷却系を使用できない場合において判断基準を満足することを確認しており，窒素の温度を低くした場合のCs-137放出量評価及び中央制御室の居住性評価への影響はない。

3. 窒素の温度による事象進展の違いについて

格納容器破損モード「高圧熔融物放出／格納容器雰囲気直接加熱」におけるベースケースと原子炉圧力容器破損後に原子炉注水しない場合の感度解析ケースについて，窒素の温度を30℃及び55℃とした場合の格納容器圧力，格納容器気相部温度及び格納容器内の気相濃度の推移を第1図から第16図に示

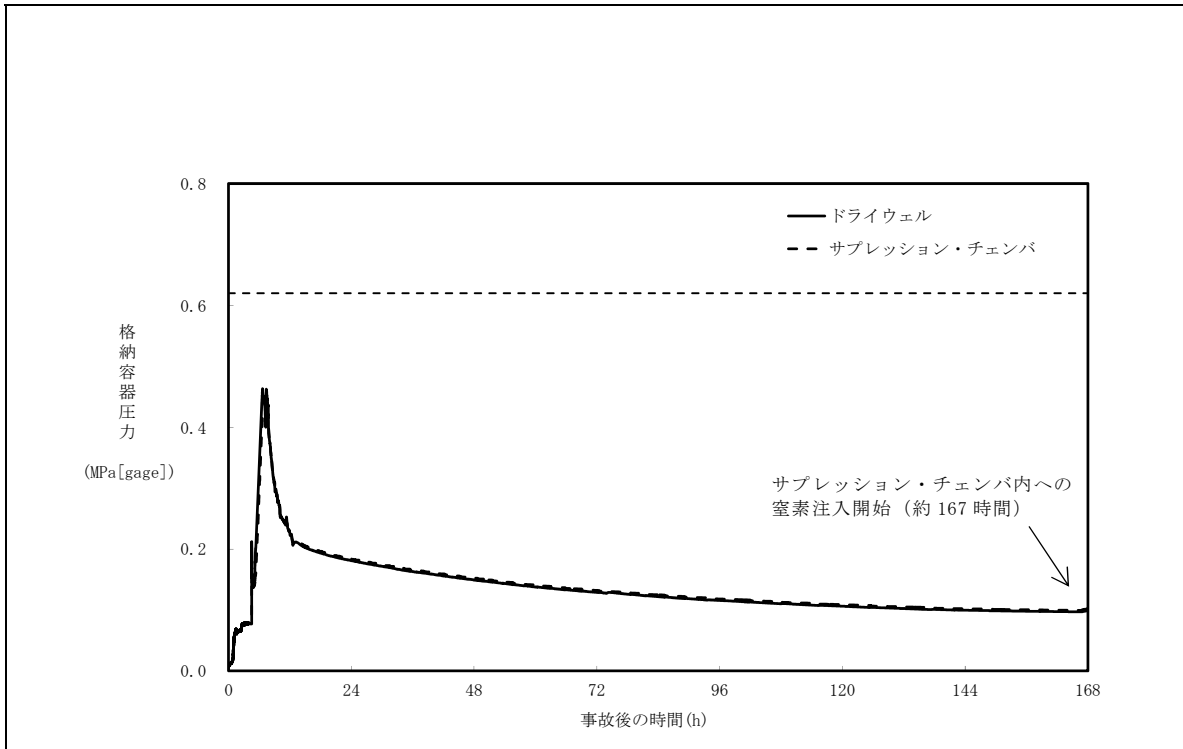
す。

ベースケース（第1図から第8図）では、両条件ともにほぼ同様の挙動である。

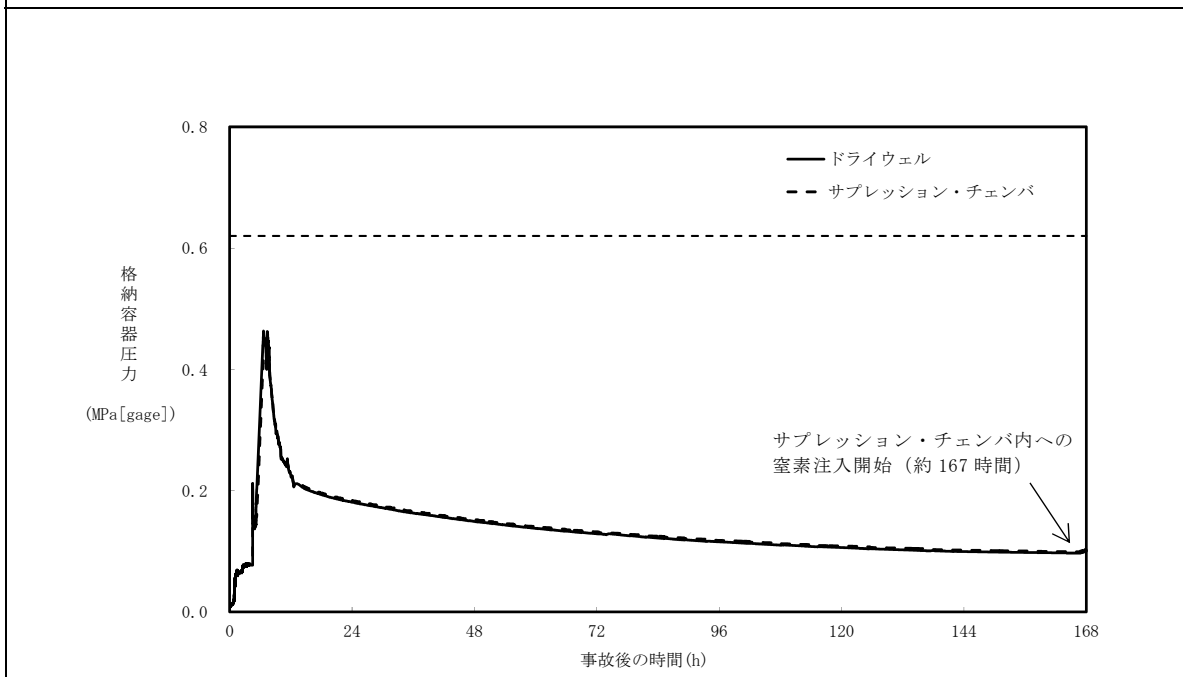
原子炉圧力容器破損後に原子炉注水しない場合の感度解析ケース（第9図から第16図）では、窒素注入を開始する約133時間後までは両条件ともに同じ挙動であるが、窒素の温度を30℃とした場合は窒素注入停止が約163時間後であり、55℃とした場合に比べて窒素注入の停止タイミングが早い。ただし、その他の挙動はほぼ同様であり、窒素の温度による事象進展への影響は軽微である。

4. まとめ

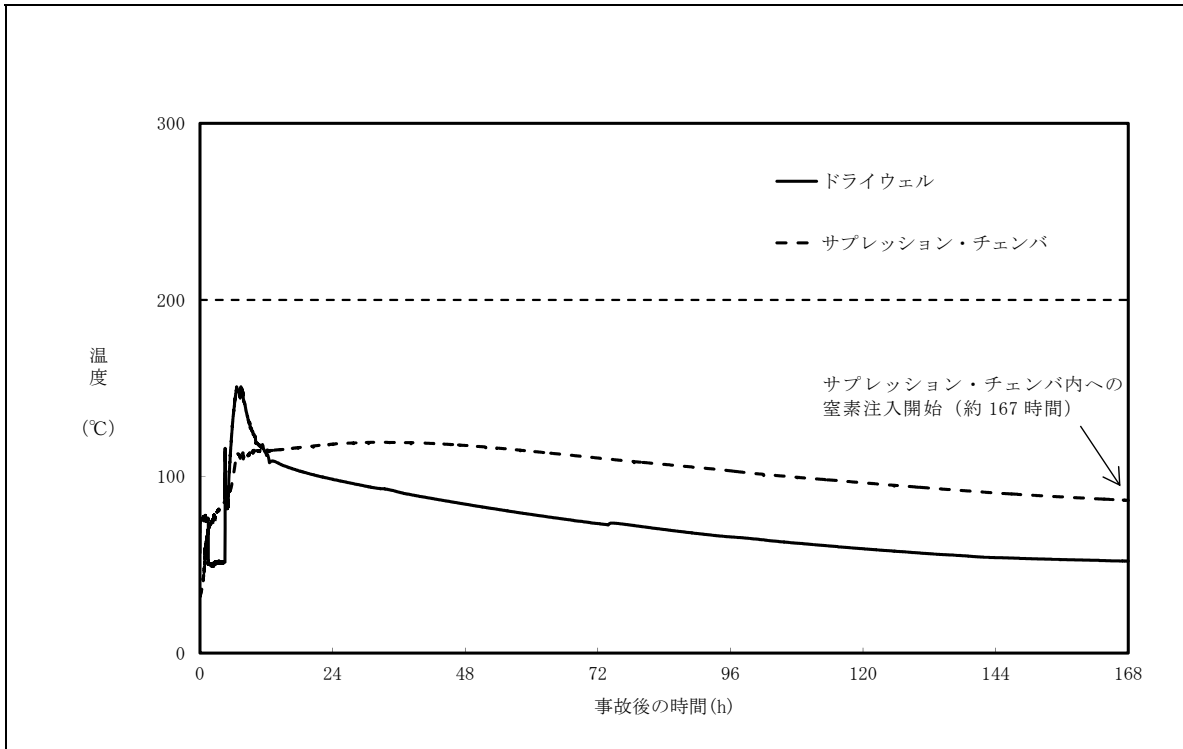
現状の有効性評価においては、原子炉圧力容器が破損しないケースの窒素の温度を30℃条件とし、原子炉圧力容器が破損するケースの窒素の温度を55℃条件としている。ただし、いずれの条件でも事象進展に与える影響は軽微であり、評価項目に与える影響はないことから、両ケースでの評価条件の整合性を考慮し、有効性評価における窒素の温度を30℃条件とする。また、窒素の温度の感度を示すため、窒素の温度を55℃とした場合の感度解析結果を添付資料として追加することとする。



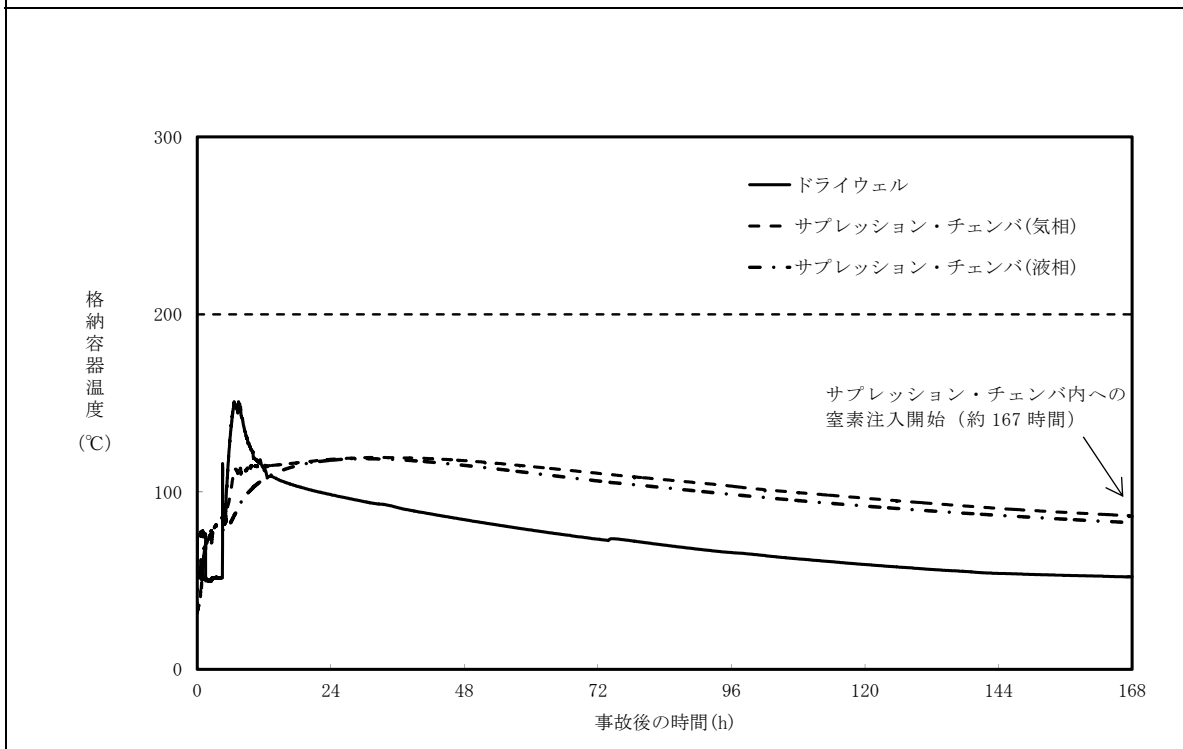
第 1 図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱における
格納容器圧力の推移（窒素注入温度：55℃）



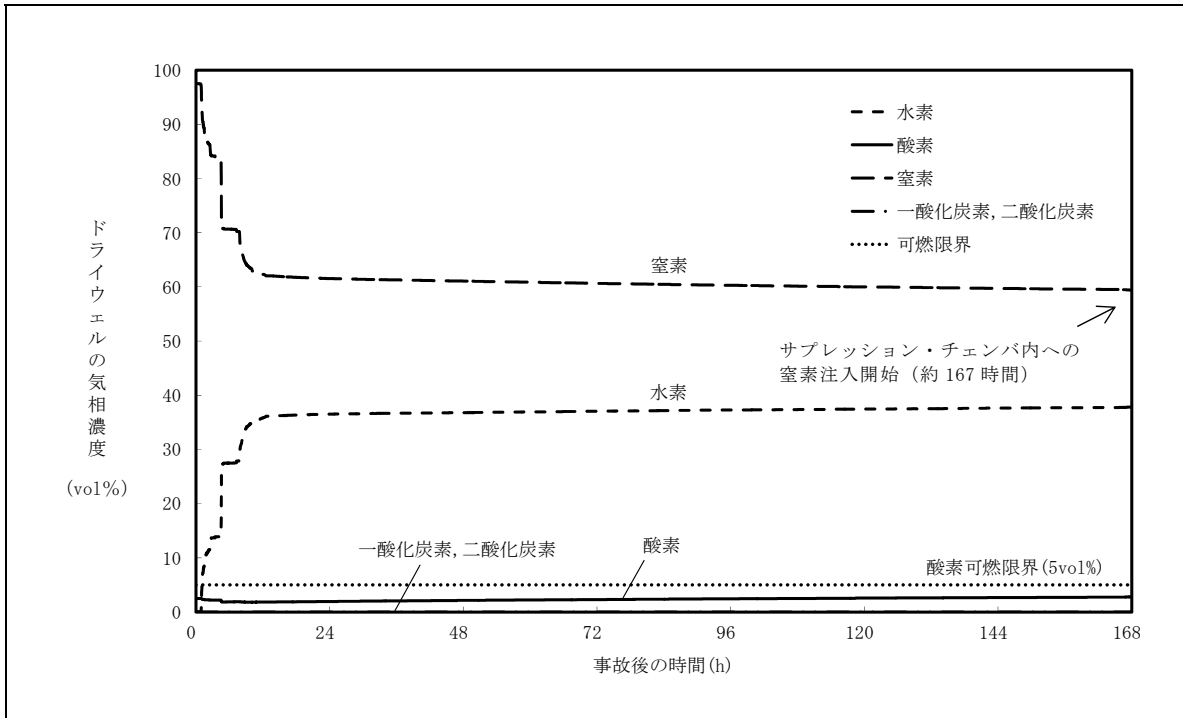
第 2 図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱における
格納容器圧力の推移（窒素注入温度：30℃）



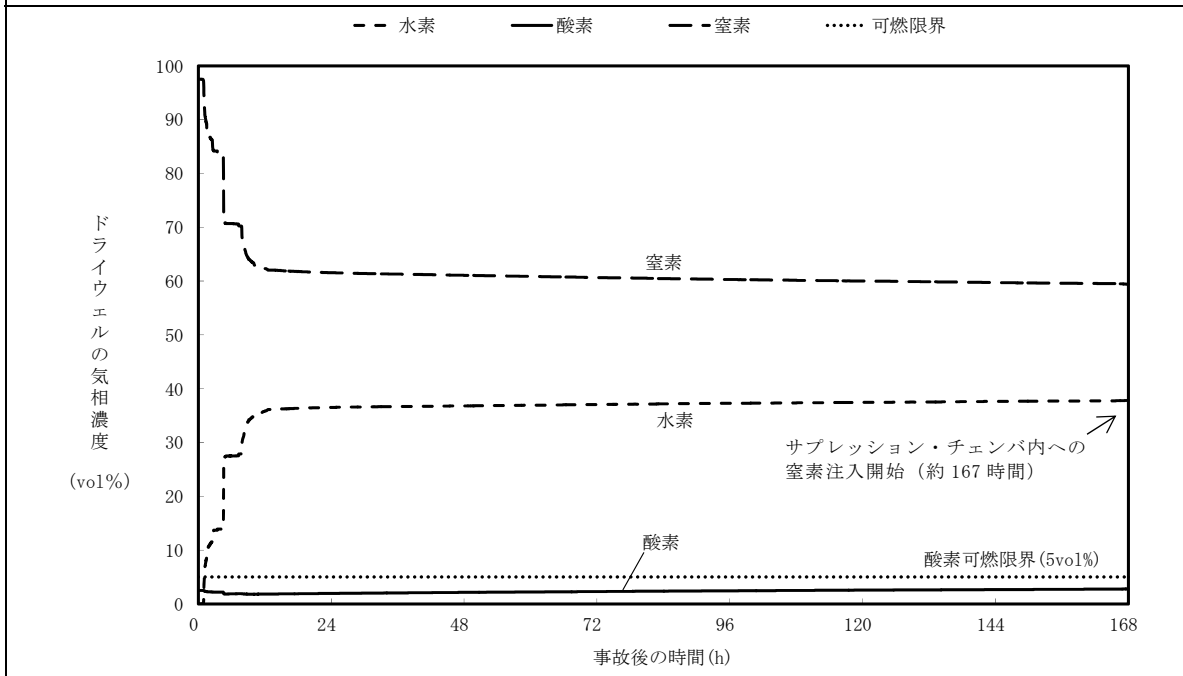
第 3 図 高圧熔融物放出／格納容器雰囲気直接加熱における
格納容器雰囲気温度の推移（窒素注入温度：55°C）



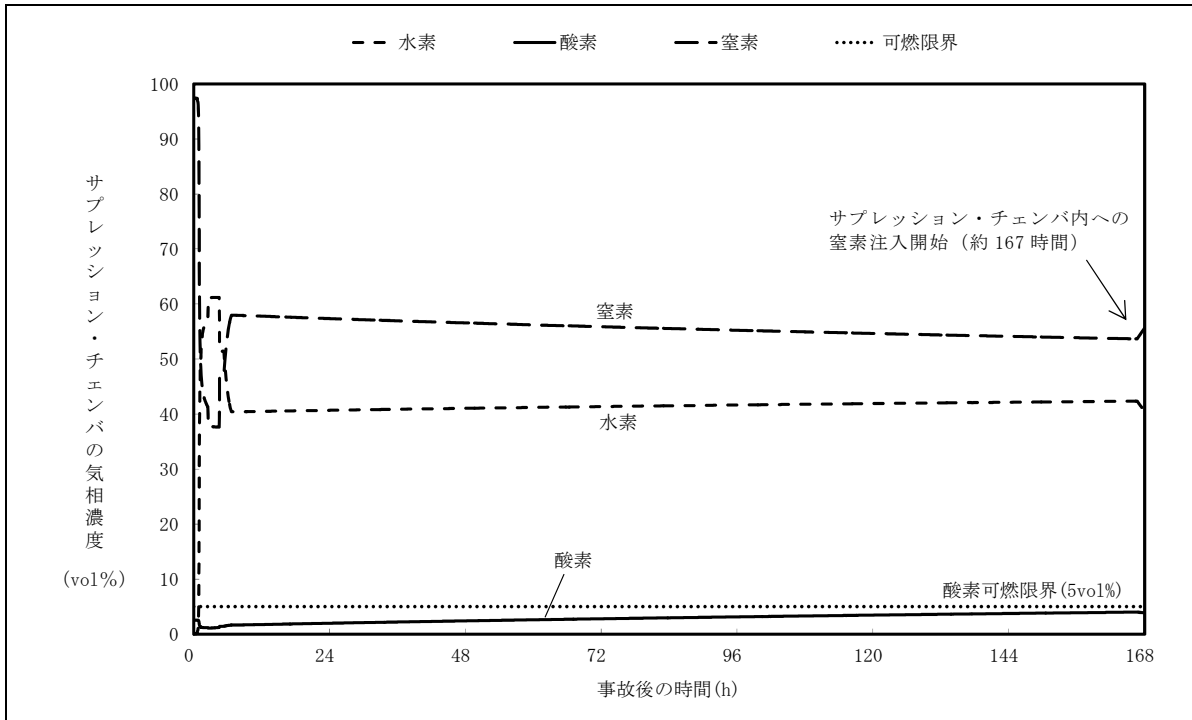
第 4 図 高圧熔融物放出／格納容器雰囲気直接加熱における
格納容器雰囲気温度の推移（窒素注入温度：30°C）



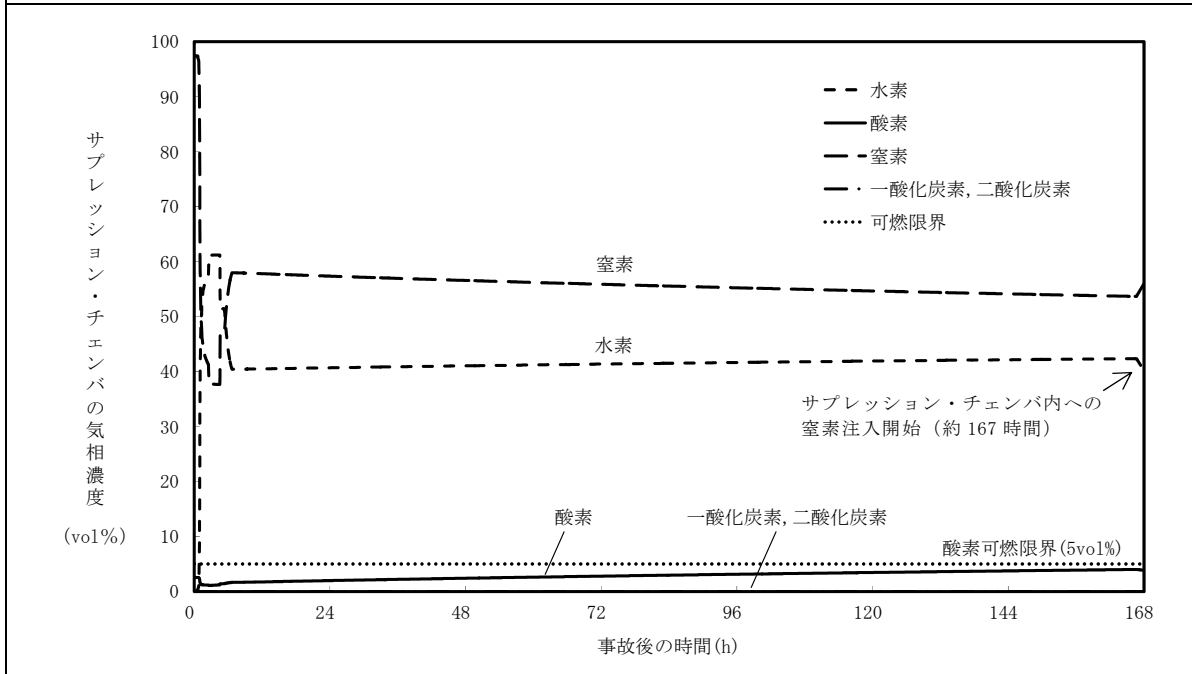
第5図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱における
ドライウエルの気相濃度推移（ドライ条件）
（窒素注入温度：55°C）



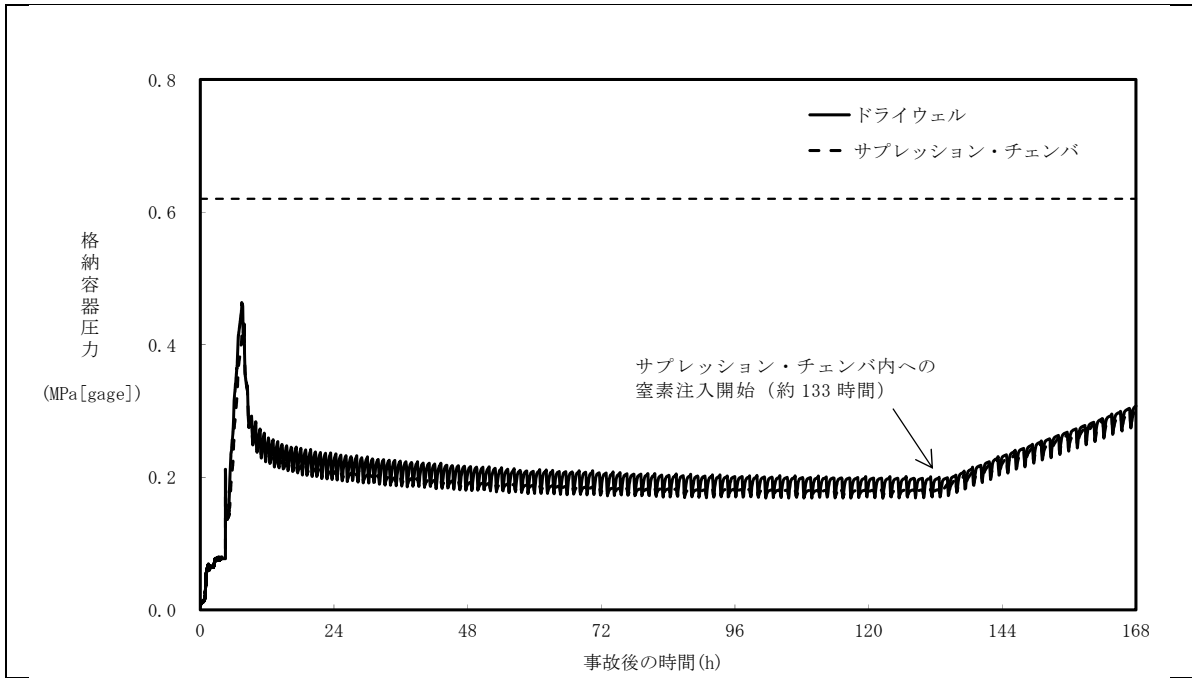
第6図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱における
ドライウエルの気相濃度推移（ドライ条件）
（窒素注入温度：30°C）



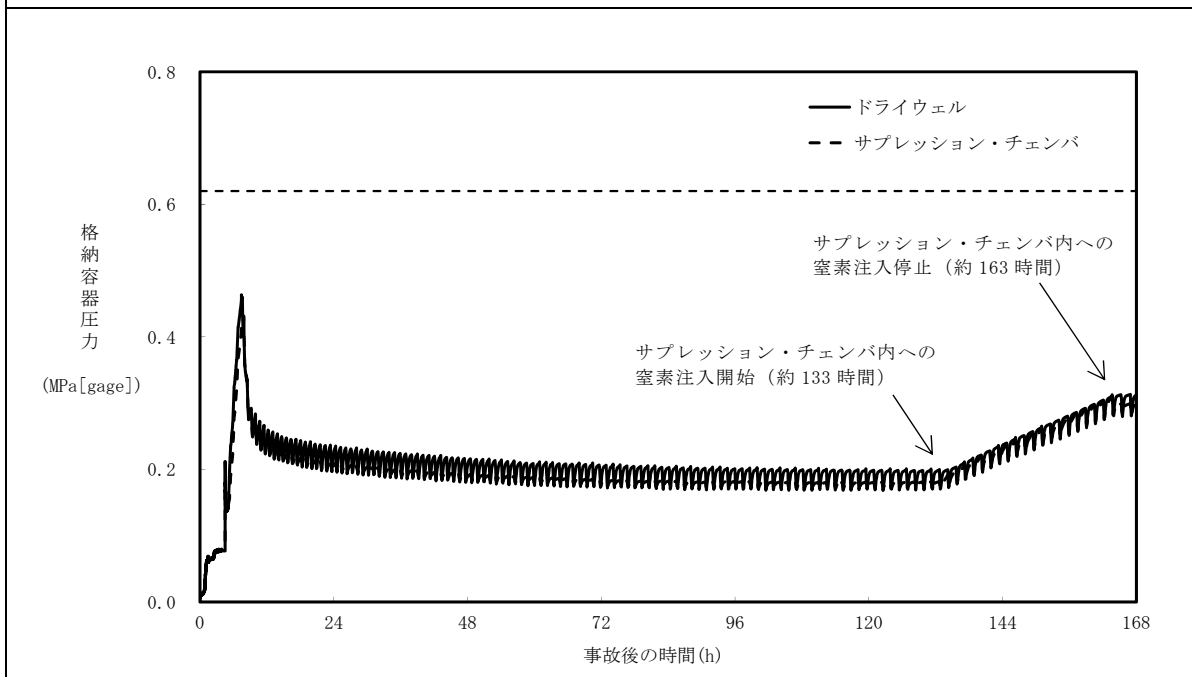
第 7 図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱における
 サプレッション・チェンバの気相濃度推移
 (窒素注入温度：55℃)



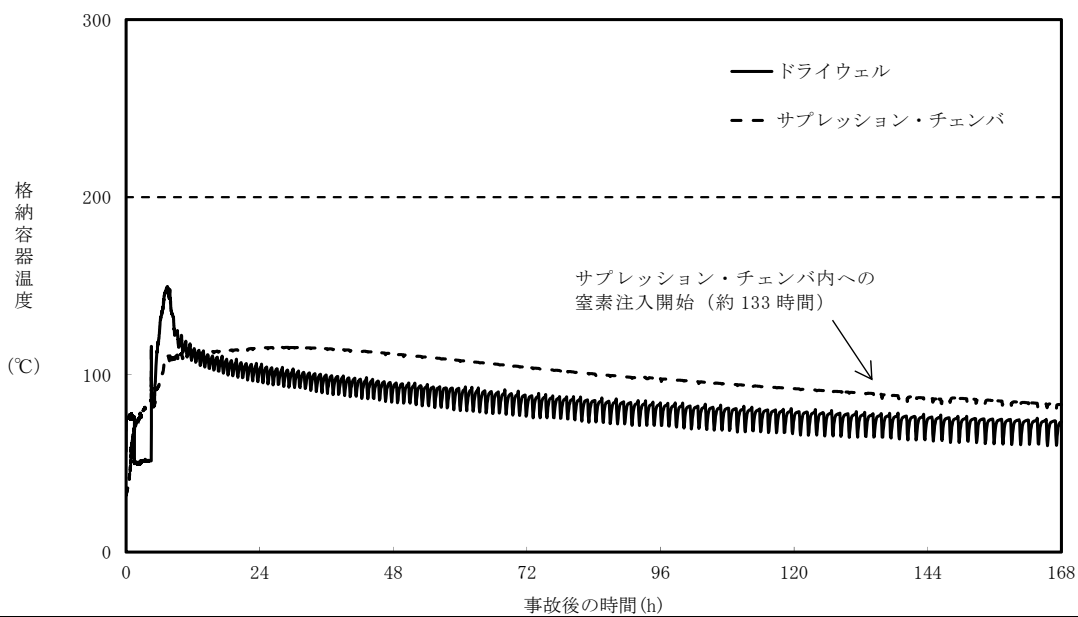
第 8 図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱における
 サプレッション・チェンバの気相濃度推移
 (窒素注入温度：30℃)



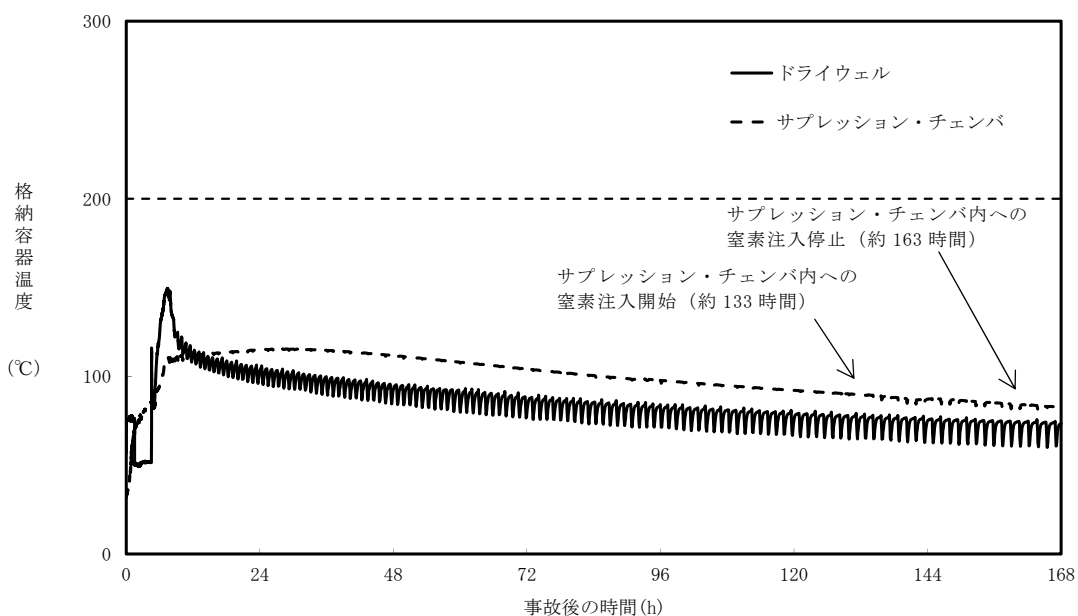
第 9 図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱において
 原子炉圧力容器破損後に原子炉注水しない場合の
 格納容器圧力の推移（窒素注入温度：55℃）



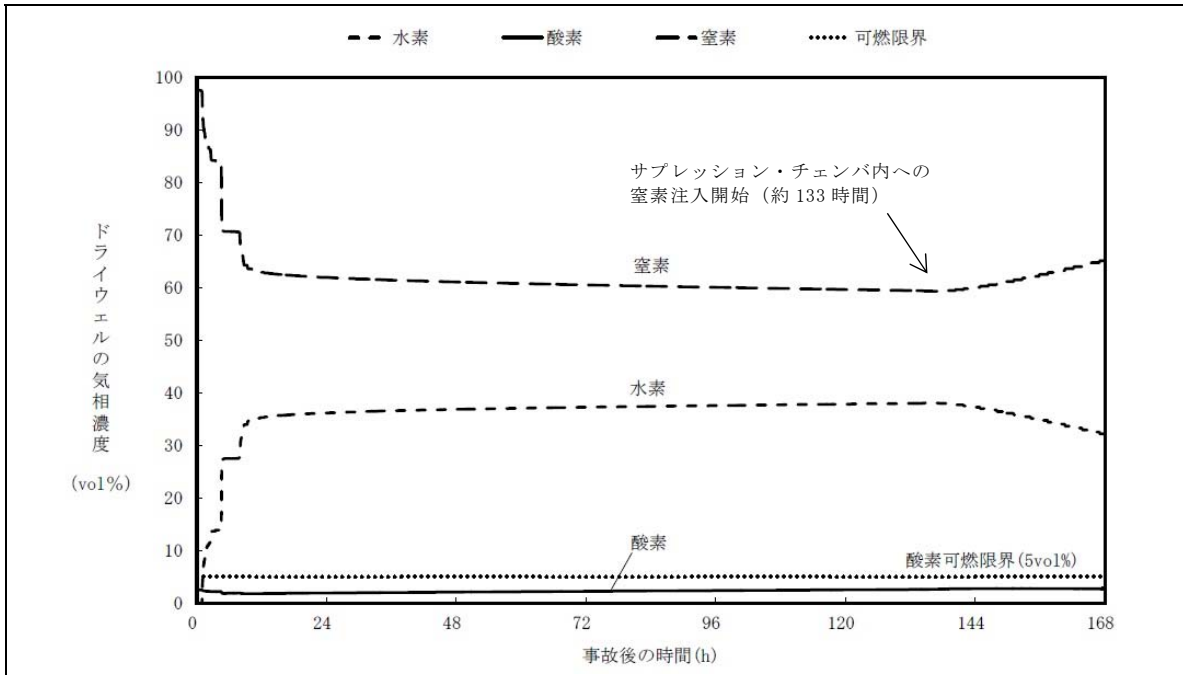
第 10 図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱において
 原子炉圧力容器破損後に原子炉注水しない場合の
 格納容器圧力の推移（窒素注入温度：30℃）



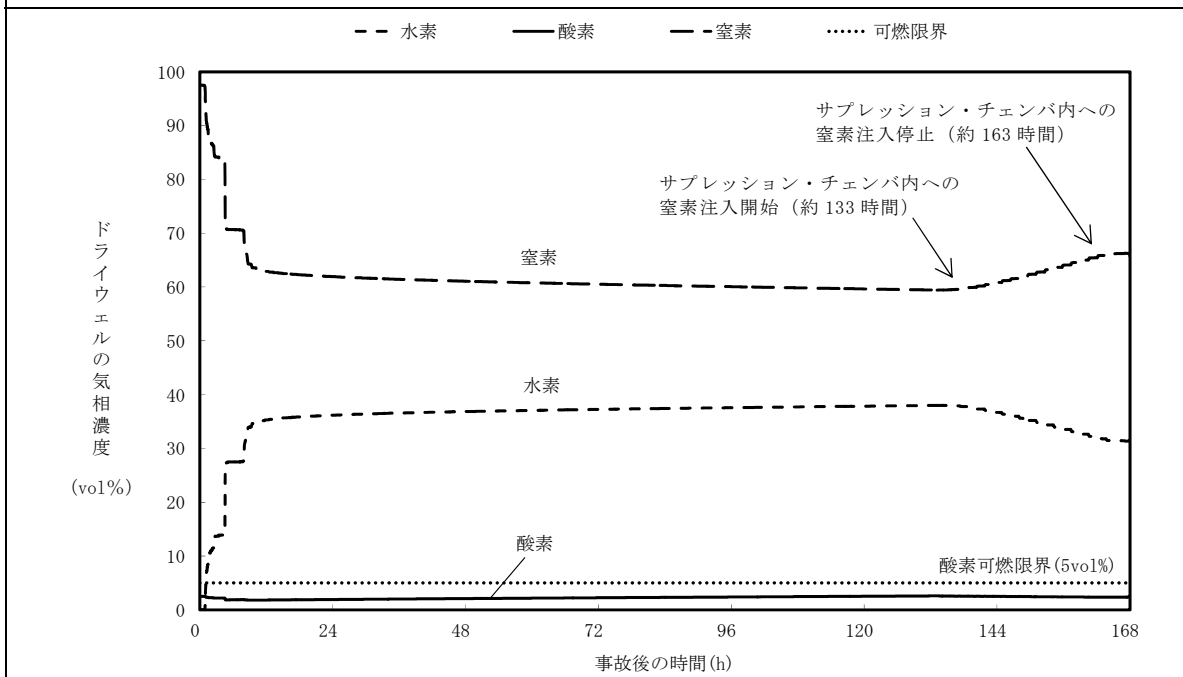
第 11 図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱において
 原子炉压力容器破損後に原子炉注水しない場合の
 格納容器雰囲気温度の推移（窒素注入温度：55℃）



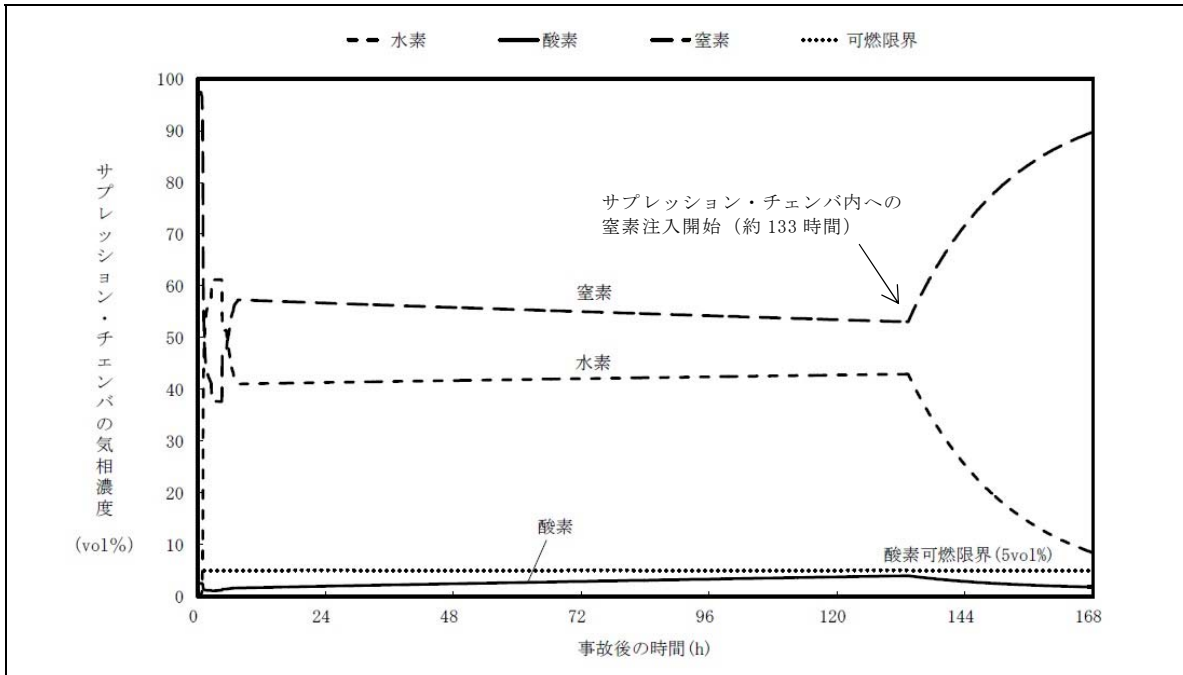
第 12 図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱において
 原子炉压力容器破損後に原子炉注水しない場合の
 格納容器雰囲気温度の推移（窒素注入温度：30℃）



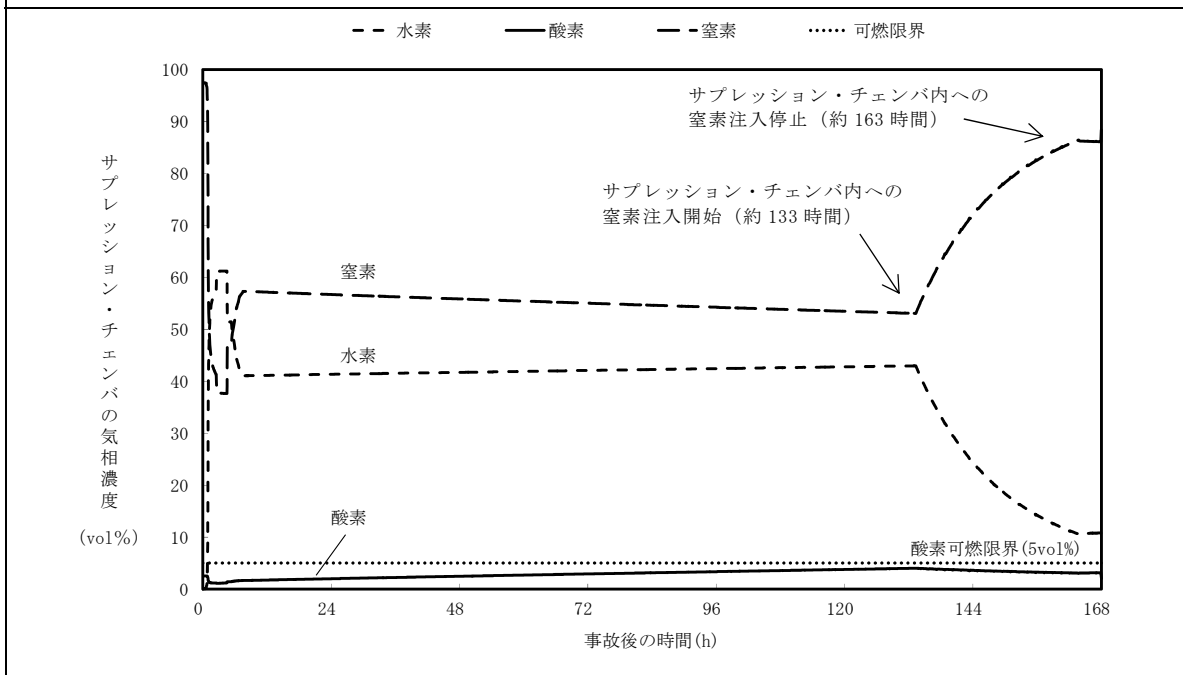
第 13 図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱において原子炉压力容器
破損後に原子炉注水しない場合のドライウエルの気相濃度推移
(ドライ条件) (窒素注入温度：55℃)



第 14 図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱において原子炉压力容器
破損後に原子炉注水しない場合のドライウエルの気相濃度推移
(ドライ条件) (窒素注入温度：30℃)



第 15 図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱において原子炉压力容器破損後に原子炉注水しない場合のサプレッション・チェンバの気相濃度推移
(ドライ条件) (窒素注入温度：55℃)



第 16 図 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱において原子炉压力容器破損後に原子炉注水しない場合のサプレッション・チェンバの気相濃度推移
(ドライ条件) (窒素注入温度：30℃)